

LIGHT EMITTING DIODE AND ITS MANUFACTURING METHOD

Patent Number: EP1061590

Publication date: 2000-12-20

Inventor(s): IKEDA HITOSHI (JP); SUZUKI KINGO (JP)

Applicant(s): SHINETSU HANDOTAI KK (JP)

Requested Patent: EP1061590

Application Number: EP19990973592 19991124

Priority Number(s): WO1999JP06533 19991124; JP19980373153 19981228

IPC Classification: H01L33/00

EC Classification: H01L33/00B6B3, H01L33/00B6D

Equivalents: JP2000196141, TW449936, WO0041249

Cited Documents:

Abstract

Provided are a light emitting diode (GaAsP LED) made of a gallium arsenide phosphide GaAsP mixed crystal whose luminous intensity is greatly improved as compared with a conventional one, and a fabrication process therefor. In a light emitting diode comprising a pellet a major front surface of which is made of a GaAsP mixed crystal, the major front surface is a rough surface.



Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開 2000-196141

(P 2000-196141A)

(43) 公開日 平成12年7月14日(2000.7.14)

(51) Int. C1.⁷

識別記号

H01L 33/00

F I

テーマコード(参考)

H01L 33/00

B 5F041

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L

(全7頁)

(21) 出願番号 特願平10-373153

(71) 出願人 000190149

(22) 出願日 平成10年12月28日(1998.12.28)

信越半導体株式会社

東京都千代田区丸の内1丁目4番2号

(72) 発明者 鈴木 金吾

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導
体株式会社磯部工場内

(72) 発明者 池田 均

群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導
体株式会社磯部工場内

(74) 代理人 100080230

弁理士 石原 詔二

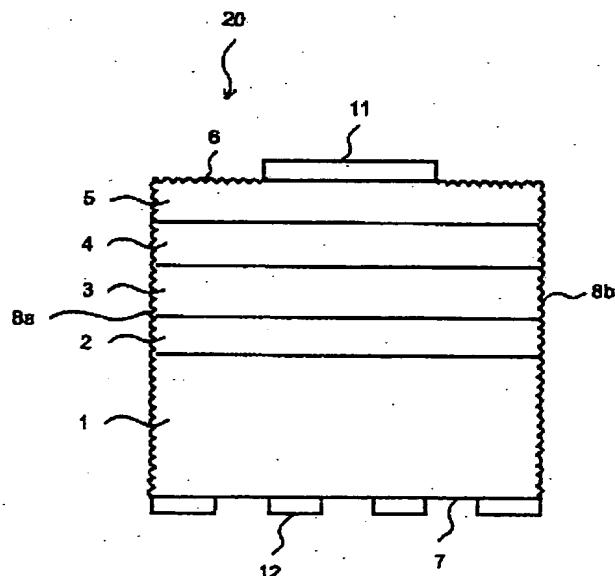
F ターム(参考) 5F041 AA03 CA38 CA67 CA74 CA76

(54) 【発明の名称】発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】従来よりも光強度が大幅に改善された燐化砒化ガリウムGaN系P混晶を構成材料とする発光ダイオード(GaN系LED)、及びその製造方法を提供する。

【解決手段】主表面がGaN系P混晶からなるペレットを有する発光ダイオードにおいて、前記主表面が粗面であるようにした。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主表面がG a A s P混晶からなるペレットを有する発光ダイオードにおいて、前記主表面が粗面であることを特徴とする発光ダイオード。

【請求項2】 前記ペレットの側面部が粗面であることを特徴とする請求項1記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記粗面は、粒径0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を形成してなることを特徴とする請求項1又は請求項2記載の発光ダイオード。

【請求項4】 主表面がG a A s P混晶からなるペレットを有する発光ダイオードの製造方法において、前記ペレットをB r₂又はI₂を水溶液中に含むエッティング液で処理して、前記ペレットの少なくとも主表面に微細な凹凸を形成することを特徴とする発光ダイオードの製造方法。

【請求項5】 前記エッティング液は、硝酸、弗化水素、酢酸をさらに含む水溶液であることを特徴とする請求項4記載の発光ダイオードの製造方法。

【請求項6】 前記エッティング液は、B r₂またはI₂が1部に対し、硝酸を40部～80部、弗化水素を40部～300部、酢酸を400部～2000部のモル組成比で含むことを特徴とする請求項5記載の発光ダイオードの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード〔以下、単に「LED (Light Emitting Diodeの略)」と記載することがある。〕及びその製造方法、特に燐化砒化ガリウムG a A s_{1-x} P_x混晶〔以下、単に「G a A s P」と記載することがある。〕を構成材料とする発光ダイオード〔以下、単に「G a A s P系LED」と記載することがある。〕及びその製造方法に関する。

【0002】

【関連技術】 燐化砒化ガリウムG a A s_{1-x} P_x混晶を構成材料とする発光ダイオードは、混晶率xの組成を変化させることにより禁止帯エネルギー間隙を変化させて、波長583nmの黄色(x=0.90)、波長626nmの橙色(x=0.65)、又は波長648nmの赤色(x=0.50)等を発光させることができ、表示装置等の光源として使用されている。

【0003】 一般に、LEDでは高い光強度が要求される。LEDの発光効率は、内部量子効率及び取り出し効率によって決まる。内部量子効率はLEDの構成材料の組成により決定されるものであるので、発光効率を高めるためには、LED内部での光吸収による損失や、光放出面と空気との界面での全反射により外部に取り出されない光の損失を抑えることにより取り出し効率を高くする必要がある。

【0004】 光の取り出し効率を高くするために、p-n接合を有する半導体ウェーハをチップ状に1つ1つ切

断して得られるペレット(pellet)の表面を粗面化する処理方法は、既に知られている(特開平4-354382号、特開平6-151959号等)。ペレットの表面を粗面化すると、光放出面と空気との界面で光が全反射する確率が下がるので、取り出し効率を高くすることができると考えられる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 ペレットの表面を粗面化するには、湿式エッティングが簡便である。例えば、燐化ガリウムG a P系のペレットの場合は、塩酸即ちHCl水溶液によるエッティングで粗面化することができる(特開平4-354382号)。またA I G a A s混晶表面の粗面化には、フッ化水素酸(特開平6-151959号)や硝酸:硫酸=95:5の混合液(特開平10-200156号)が有効である。

【0006】 しかしながら、燐化砒化ガリウムG a A s P混晶に対しては、ペレットの主表面を粗面化するのに好ましいエッティング液の開発に未だ成功しておらず、図6のようにG a A s P混晶系のペレット40の主表面46は鏡面状態のままであった。

【0007】 ここで、G a A s P混晶系のペレット40は、例えば、n型G a P単結晶基板41上に、n型G a Pエビダキシャル層42、混晶率xが変化するn型G a A s_{1-x} P_x混晶率変化層43、窒素を添加したn型G a A s_{1-x} P_x混晶率一定層44、45を順次積層した後に、G a A s_{1-x} P_x混晶率一定層45の表面より亜鉛Znを拡散させて該G a A s_{1-x} P_x混晶率一定層45をp型に反転させて、混晶率一定層44と45の境界にp-n接合を形成し、続いて、主表面46と主裏面47に金合金を蒸着して、p側電極51とn側電極52を形成し、最後に、ダイシングによりチップ状に切断することにより得られる。図6において、48a、48bはペレット側面のことであり、ダイシングによりチップ状にする際に、その切断面として主表面46とほぼ直角をなすようにして形成される。なお、ペレット側面は、図6に示される48a、48bの他に、さらに2面ある。

【0008】 本発明者は、G a A s P混晶の少なくとも主表面に対して粗面化処理の可能なエッティング液を開発すべく研究を重ねたところ、臭素B r₂又は沃素I₂を水溶液中に含むエッティング液が好適であることを見い出した。このエッティング液を用いて種々実験を続けることによって、本発明に到達したものである。

【0009】 本発明は、従来よりも光強度が大幅に改善された燐化砒化ガリウムG a A s P混晶を構成材料とする発光ダイオード(G a A s P系LED)、及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、主表面がG a A s P混晶からなるペレットを有する発光ダイオードにおい

て、前記主表面が粗面であることを特徴とする。

【0011】前記ペレットの側面部が粗面であると、より高い取り出し効率を達成することができる。また前記粗面は、粒径0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を形成してなることが好ましい。

【0012】本発明の発光ダイオードの製造方法は、主表面がGaAsP混晶からなるペレットを有する発光ダイオードの製造方法において、前記ペレットをBr₂またはI₂を水溶液中に含むエッティング液で処理して、前記ペレットの少なくとも主表面に微細な凹凸を形成することを特徴とする。

【0013】前記エッティング液は、硝酸、弗化水素、酢酸をさらに含む水溶液であることが好ましい。また、前記エッティング液は、Br₂またはI₂が1部に対し、硝酸を40～80部、弗化水素を40部～300部、酢酸を400部～2000部のモル組成比で含むのがさらに好適である。

【0014】

【発明の実施の形態】以下に、本発明に係る発光ダイオード及びその製造方法について添付図面を参照して詳細に説明するが、これらの実施の形態は例示的に示されるもので、本発明の技術思想から逸脱しない限り種々の変形が可能なことはいうまでもない。

【0015】図1は、本発明の燐化砒化ガリウムGaAsPを構成材料とする発光ダイオード用ペレット（以下、単に「GaAsP系ペレット」ということがある。）20をしめす概略断面図である。図1に示すようにGaAsP混晶からなる主表面6は、光の取り出し効率を良くするために湿式エッティングにより粗面化されており、その粒径が0.3μm以上3μm以下になるようにエッティング条件が調整されている。

【0016】燐化砒化ガリウムGaAsP混晶により発光する光は、ピーク波長で黄色の約580nmから赤色の約650nmまでの600nm前後の波長であり、前記ペレット20の主表面6の粒径がこの波長域よりやや広い0.3μm以上3μm以下になるように粗面化の程度を調整すると、光の全反射する確率がうまく下がるので、光の取り出し効率が上がるのである。

【0017】光の取り出し効率について、さらに詳しく説明する。上記したように、高い光強度を得るために、光放出面と空気との界面における全反射により外部に取り出されない光の割合を小さくすることにより、光の取り出し効率を高くする必要がある。

【0018】波長600nm近傍において、GaPの屈折率nが約3.3、GaAsの屈折率nが約3.8であることから、それらの混晶であるGaAsPの屈折率nは、約3.3～約3.8である。このように大きな屈折率nから屈折率=1の空気へ光が入射する場合の全反射臨界角θは、

【0019】

【数1】 $\theta = \sin^{-1} (1/n)$

【0020】で表わされるので、屈折率n=約3.3～約3.8のGaAsPの場合、全反射臨界角θ=約15°～約18°となる。

【0021】すなわち、光放出面が図2に示すように平面の場合は、平面に対して垂直に近い角度で、かつこの全反射臨界角θよりも小さい角度内で界面に到達した光のみが、空気中に放出される〔図2(A)〕。そして、全反射臨界角θよりも大きな角度で界面に到達した光は全反射てしまい、結晶内部に反射して吸収されてしまう〔図2(B)〕。

【0022】そこで、光放出面と空気との界面を平面ではなく、微細な凹凸が形成されるように湿式エッティングにより粗面化するのである。図3に示すように、界面に微細な凹凸が形成されると、全反射臨界角θよりも大きな角度で界面に到達した光に対しても、局部的には全反射臨界角θよりも小さい角度を有する凸面が存在するので、その凸面から光が空気中に透過することができる〔図3(A)〕。

【0023】GaAsP混晶の場合、微細な凹凸粒径は、0.3μm以上3μm以下であることが好ましい〔図3(A)〕。微細な凹凸の粒径が3μmを越える場合には、上記光の波長に対しては凹凸が緩やかすぎて局部的な鏡面として作用する〔図3(B)〕。また逆に、微細な凹凸の粒径が0.3μmに満たない場合には、光の波長に対する凹凸のレベルが小さすぎて実質的に鏡面と同じになってしまう〔図3(C)〕。ここで、本発明において微細な凹凸の粒径とは、図3に示すように、ある凸状物の立ち上がりから隣接する凸状物の立ち上がりまでの長さのことである。また、図3において、界面の微細な凹凸は半円の連続として描写してあるが、空気側に突起した断面円弧状の凹凸が密集して形成されればよい。

【0024】図1において、粒径が0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を有する粗面を、主表面6のみならず、ペレット側面8(8a, 8b、さらに図1に示されていない他の2側面を含む)にも形成すると、光の取り出し効率が一層高くなる。

【0025】次に、本発明に係る発光ダイオードの製造方法について、図4を用いて説明する。

【0026】まず、主表面の面方位が(100)であるn型GaP単結晶基板1上に、n型GaPエピタキシャル層2、混晶率xが変化するn型GaAs_{1-x}P_x混晶率変化層3、窒素を添加したn型GaAs_{1-x}P_x混晶率一定層4、5を順次積層した後に、GaAs_{1-x}P_x混晶率一定層5の表面より亜鉛Znを拡散させて該GaAs_{1-x}P_x混晶率一定層5をp型に反転させ、混晶率一定層4と5の境界にp-n接合を有するGaAsPエピタキシャルウェーハ10を得る〔工程(A)〕。

【0027】続いて、GaAsPエピタキシャルウェー

ハ10の主表面6と主裏面7に金合金を蒸着して、p側電極11とn側電極12を形成する【工程(B)】。そして、n型電極12を覆うようにして粘着シート13にGaAsPエピタキシャルウェーハ10を貼り付けて、該GaAsPエピタキシャルウェーハ10をダイシングにより0.3mm×0.3mm□のペレット20に切断する【工程(C)】。

【0028】さらに、切断されたペレット20を、96%硫酸H₂SO₄：32%過酸化水素H₂O₂：水H₂O=3:1:1の組成比(容量)の第1のエッティング液で2分間エッティングを行い、ダイシングにより生じた加工歪を除去する【工程(D)】。

【0029】次に、粒径が0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を、GaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8に形成するため、ペレット20を臭素Br₂又は沃素I₂を水溶液中に含む第2のエッティング液で処理する【工程(F)】。従来、GaAsP混晶の粗面化処理のために、Br₂又はI₂を含むエッティング液は用いられていないかった。このエッティングの際、ペレット20の主裏面7を粘着シート13で覆って第2のエッティング液から保護し、粗面化されないようにする。主裏面7は、粗面よりも鏡面状態のほうが主裏面7側から光が逃げないので取り出し効果を向上させることができて好ましい。

【0030】より具体的には、Br₂又はI₂の他に、Br₂又はI₂が1部に対し、硝酸HNO₃を40部～80部、弗化水素HFを40部～300部、酢酸CH₃COOHを400部～2000部のモル組成比で水溶液中にさらに含む第2のエッティング液を調整後、該第2のエッティング液中でGaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8a、8b等を所定時間エッティングし、粒径が0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を有する粗面を形成する。最適なエッティング時間は、GaAsP系ペレットの混晶率やエッティング液の組成により多少異なる。上記第2のエッティング液はGaAsP混晶のみならず、ペレット20の側面に一部露出しているGaPをも粗面化するので、第2のエッティング液に曝されている主表面6及び側面8a、8b等全体が粗面化される。

【0031】

【実施例】以下に、本発明におけるエッティング条件と、該エッティングにより得られた微細な凹凸を有するGaAsP混晶をペレットの構成材料とする発光ダイオードの光度とについて、さらに具体的な例をあげて説明する。以下の具体例は例示的に示されるもので、限定的に解釈されるべきでないことはいうまでもない。

【0032】(実施例1) 96%硫酸H₂SO₄：32%過酸化水素H₂O₂：水H₂O=3:1:1の組成比(容量)の第1のエッティング液で2分間エッティングを行って【図4(D)】、ダイシングにより生じた加工歪を除去し、さらに、主表面の面方位が(100)である前

記GaAsP系ペレット20を、I₂が1部に対し、硝酸を60部、弗化水素を200部、酢酸を800部のモル組成比で水溶液中に含む30℃の第2のエッティング液中で75秒間処理して、GaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8a、8b等に粒径が0.3μm以上3μm以下の微細な凹凸を形成する【図4(F)】。

【0033】続いて、図5に示すように、GaAsP系ペレット20をステム34上に銀ペースト36を介して固着し、金細線32でワイヤボンディング後、透明エポキシ樹脂38でモールドして発光ダイオード30を作成した。

【0034】次に、作成した発光ダイオード30に対して20mAの直流電流を流し、発光波長580nmの黄色光の光度を測定した【図4(G)】。光度の測定結果は、表1(A)に示す。次に示す比較例1と比較すると、光度は88%向上した。この光度の向上は、ペレット20の表面を粗面化することにより取り出し効果が向上したことを意味する。

【0035】(比較例1) GaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8a、8bに微細な凹凸を形成するエッティングを施さないこと以外は実施例1と全く同様にして作成した発光ダイオード30に対して20mAの直流電流を流し、光度の測定をした結果を表1(B)に示す。

【0036】(実施例2) 実施例1と同様にして、波長586nmの黄色光を発光する発光ダイオード30を作成し、その光度を測定した【表1(C)】。次に示す比較例2と比較すると、光度は73%向上した。

【0037】(比較例2) GaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8a、8b等に微細な凹凸を形成するエッティングを施さないこと以外は実施例2と全く同様にして作成した発光ダイオード30に対して20mAの直流電流を流し、光度の測定をした結果を表1(D)に示す。

【0038】(実施例3) 実施例1と同様にして、波長605nmの黄褐色光を発光する発光ダイオード30を作成し、その光度を測定した【表1(E)】。次に示す比較例3と比較すると、光度は73%向上した。

【0039】(比較例3) GaAsP系ペレット20の主表面6及び側面8a、8b等に微細な凹凸を形成するエッティングを施さないこと以外は実施例3と全く同様にして作成した発光ダイオード30に対して20mAの直流電流を流し、光度の測定をした結果を表1(F)に示す。

【0040】(実施例4) 実施例1と同様にして、波長630nmの橙色光を発光する発光ダイオード30を作成し、その光度を測定した【表1(G)】。次に示す比較例4と比較すると、光度は51%向上した。

【0041】(比較例4) GaAsP系ペレット20の主表面6及び8a、8b等に微細な凹凸を形成するエッ

チングを施さないこと以外は実施例4と全く同様にして作成した発光ダイオード30に対して20mAの直流電流を流し、光度の測定をした結果を表1(H)に示す。

【0042】

【表1】

		発光波長 (nm)	発光色	光度 (mcd)	光度の向上率 (%)
(A)	実施例1	580	黄色	5.41	88
(B)	比較例1	580	黄色	2.88	
(C)	実施例2	586	黄色	6.68	73
(D)	比較例2	586	黄色	3.86	
(E)	実施例3	605	黄褐色	4.36	73
(F)	比較例3	605	黄褐色	2.52	
(G)	実施例4	630	橙色	4.55	51
(H)	比較例4	630	橙色	3.01	

【0043】ここで、本実施例においては第2のエッチング液の調整に沃素I₂を用いたが、臭素Br₂を沃素I₂の場合と同じ組成にして用いることにより、同様の結果が得られる。

【0044】また、本実施例においては黄色、黄褐色、橙色を発色する発光ダイオードについて記載したが、赤色を発色する発光ダイオードについても同様な効果が得られる。さらにまた、本実施例においてはp側電極11を主表面6上に形成した後に粗面化処理を施したので、p側電極11の下部面は粗面化されていないが、p側電極を形成する前に粗面化処理を施すと、主表面6全体を粗面にすることができるることは言うまでもない。

【0045】

【発明の効果】以上述べたごとく、本発明によると、GaAsP系ペレットの表面を粗面化して微細な凹凸を形成することにより取り出し効果を向上させることができる結果、従来よりも約50%～約90%の光度の向上を達成することができる。また、GaAsP系ペレットの主表面の粗面化は、Br₂又はI₂を水溶液中に含むエッティング液を用いることにより達成できる。より具体的には、さらに、硝酸、弗化水素、酢酸を水溶液中に含むエッティング液で粗面化処理することにより、GaAsPペレット20の主表面及び側面に微細な凹凸を形成することが可能となった。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の発光ダイオード用ペレットの主表面

及び側面を示す概略断面図である。

【図2】 光放出面に対する光の到達角度と光の透過及び反射状態を示す説明図で、図2(A)は光が透過する場合、図2(B)は光が反射する場合をそれぞれ示す。

【図3】 光放出面に微細な凹凸を形成した場合の光の到達角度と光の透過及び反射状態を示す説明図で、図3(A)は凹凸の粒径が0.3μm以上3μm以下である場合、図3(B)は凹凸の粒径が3μmを越える場合及び図3(C)は0.3μmに満たない場合をそれぞれ示す。

【図4】 本発明の発光ダイオードの製造方法の手順を示すフローチャートである。

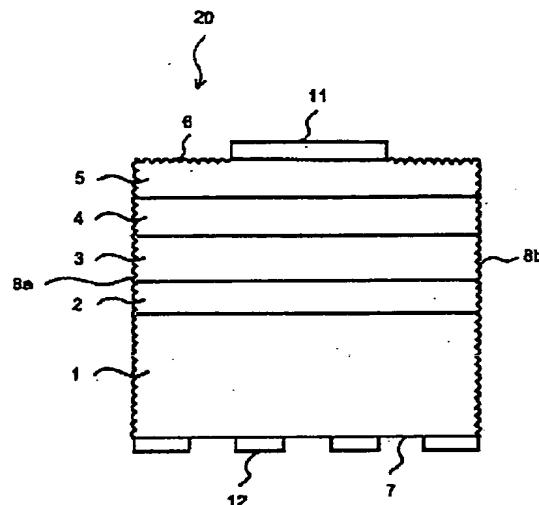
【図5】 発光ダイオードの作成例を示す説明図である。

【図6】 従来の発光ダイオード用ペレットの主表面及び側面を示す概略断面図である。

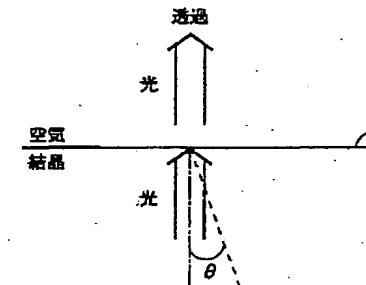
【符号の説明】

30 1 : n型GaP単結晶基板、2 : n型GaPエピタキシャル層、3 : n型GaAs_{1-x}P_x混晶率変化層、4, 5 : n型GaAs_{1-x}P_x混晶率一定層、6 : 主表面、6 : ペレットの主表面、7 : 主裏面、8a, 8b : ペレット側面、10 : GaAsPエピタキシャルウェーハ、11 : p側電極、12 : n側電極、13 : 第1の粘着シート、20 : ペレット、30 : 発光ダイオード、32 : 金細線、34 : ステム、36 : 銀ペースト、38 : 透明エポキシ樹脂、θ : 全反射臨界角。

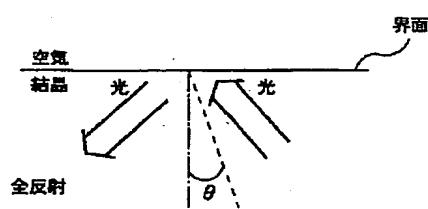
【図1】



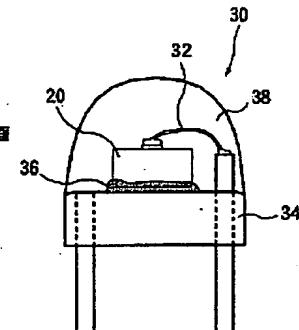
(A)



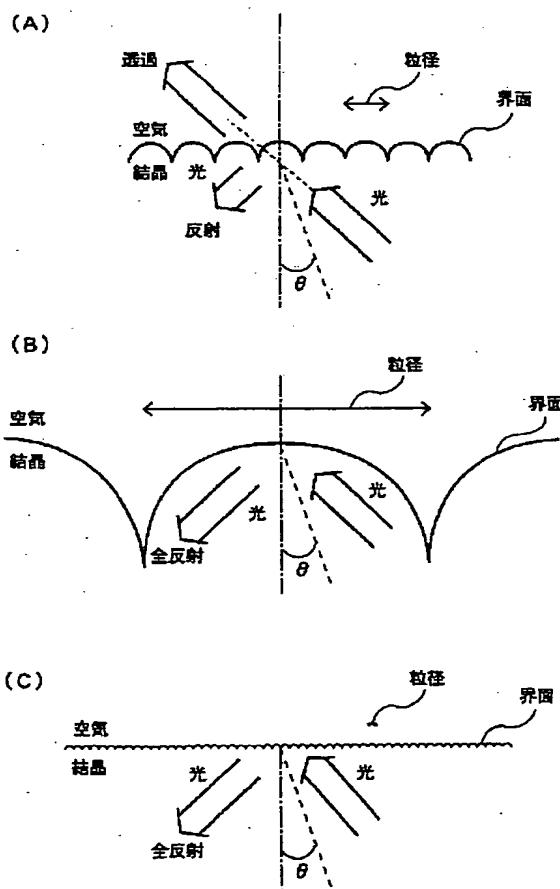
(B)



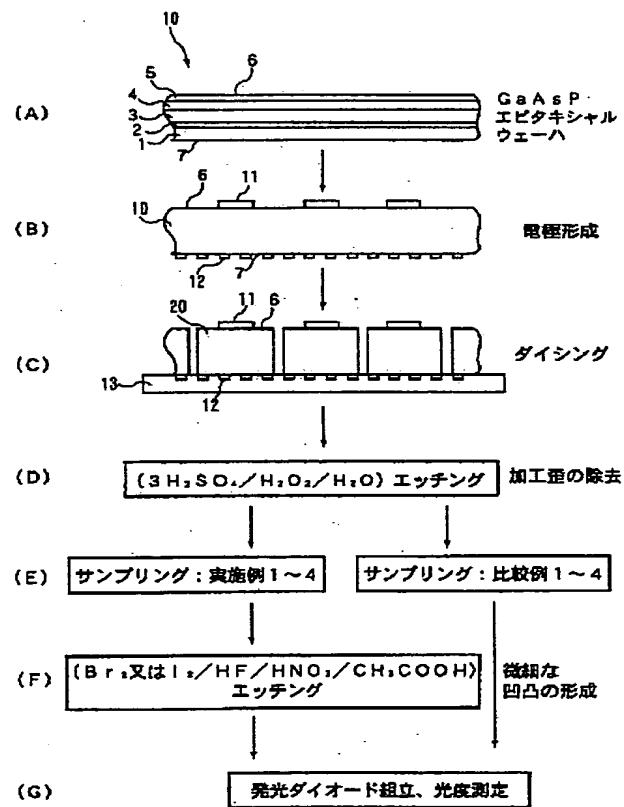
【図5】



【図3】



【図4】



【図6】

